(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2009-90406
(P2009-90406A)
(43)公開日　平成21年4月30日(2009.4.30)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
B25J 13/00	(2006.01)	B25J	13/00	Z	3C007
H01L 21/68	(2006.01)	H01L	21/68	F	5F031

審査請求 未請求　請求項の数 12　ＯＬ　（全 23 頁）

(21)出願番号　特願2007-262720 (P2007-262720)
(22)出願日　平成19年10月5日 (2007.10.5)

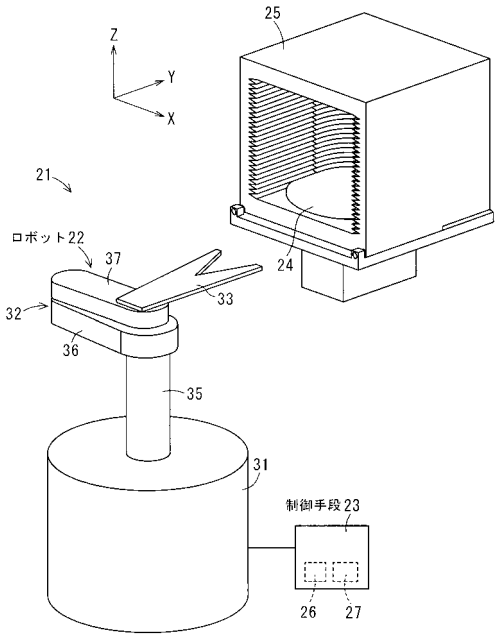
(71)出願人　000000974
川崎重工業株式会社
兵庫県神戸市中央区東川崎町３丁目１番１号
(74)代理人　100075557
弁理士　西教　圭一郎
(74)代理人　100072235
弁理士　杉山　毅至
(72)発明者　橋本　康彦
兵庫県明石市川崎町１番１号　川崎重工業株式会社明石工場内
(72)発明者　下村　信恭
兵庫県明石市川崎町１番１号　川崎重工業株式会社明石工場内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】ロボットのターゲット位置検出装置

(57)【要約】

【課題】　ターゲットの位置を高精度で検出することができるロボットのターゲット位置検出装置を提供する。
【解決手段】　ロボット２２は、Ｘ軸、Ｙ軸、Ｚ軸の３軸方向に自由度を有するアーム３２の先端部に、水平方向の自由度を有する手首が設けられ、この手首にはエンドエフェクタであるハンド３３が設けられる。制御手段２３は、教示点を記憶部２６に記憶させ、この記憶部２６に記憶させた教示点にハンド３３が向かうように、ロボット２２の動作を制御する。この制御手段２３は、制御ループゲインを変化させて、ハンド３３のターゲット４６への押付け力を変更可能であって、少なくともターゲット４６が存在する教示点近傍から、手首軸の制御ループゲインを所定値よりも低下させて、ハンド３３をターゲット４６に接触させ、ハンド３３がターゲット４６に接触した状態における位置を取り込んで、ターゲット４６の位置を検出する。
【選択図】　図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
少なくともＸ軸、Ｙ軸の２軸方向に自由度を有するアームの先端部に、水平方向の自由度を有する手首が設けられ、この手首にはエンドエフェクタが設けられるロボットと、教示点を記憶部に記憶させ、この記憶部に記憶させた教示点にエンドエフェクタが向かうように、ロボットの動作を制御する制御手段とを含み、
前記制御手段は、制御ループゲインを変化させて、エンドエフェクタのターゲットへの押付け力を変更可能であって、少なくともターゲットが存在する教示点近傍から、手首軸の制御ループゲインを所定値よりも低下させて、エンドエフェクタをターゲットに接触させ、エンドエフェクタがターゲットに接触した状態における位置を取り込んで、ターゲットの位置を検出することを特徴とするロボットのターゲット位置検出装置。
【請求項２】
手首軸を駆動する駆動手段は、所定の精度で位置を検出することができるように構成されることを特徴とする請求項１に記載のロボットのターゲット位置検出装置。
【請求項３】
前記制御手段は、
エンドエフェクタの形状を記憶部に記憶させ、
この記憶部に記憶させたエンドエフェクタの形状と、取り込んだ位置とに基づいて、ＸＹ平面内のターゲットの位置を演算することを特徴とする請求項１または２に記載のロボットのターゲット位置検出装置。
【請求項４】
前記エンドエフェクタは、ＸＹ平面上で略Ｖ字状の形状を成し、
前記制御手段は、ＸＹ平面内の複数の位置にアームの先端部を移動させ、前記複数の位置で、手首軸を揺動させてエンドエフェクタの内側の２点をターゲットに接触させ、エンドエフェクタがターゲットに接触した状態における位置を取り込むことを特徴とする請求項３に記載のロボットのターゲット位置検出装置。
【請求項５】
前記エンドエフェクタは、その形状が手首軸の半径方向に対して変化し、
前記制御手段は、エンドエフェクタをターゲットに接触させた状態で、ＸＹ平面内でアームの先端部を移動させながら、エンドエフェクタがターゲットに接触した状態における位置を取り込むことを特徴とする請求項３に記載のロボットのターゲット位置検出装置。
【請求項６】
前記ロボットのアームの先端部は、Ｘ軸、Ｙ軸、Ｚ軸の３軸方向に自由度を有し、
前記ターゲットは、Ｚ軸方向に対して形状が変化し、
前記制御手段は、
ターゲットの形状を記憶部に記憶させ、
この記憶部に記憶させたターゲットの形状と、取り込んだ位置とに基づいて、Ｚ軸方向のターゲットの位置を演算することを特徴とする請求項１または２に記載のロボットのターゲット位置検出装置。
【請求項７】
前記アームは、スカラ型水平多関節アームから成り、
前記制御手段は、少なくともターゲットが存在する教示点近傍から、手首軸およびアーム軸の制御ループゲインを所定値よりも低下させて、エンドエフェクタをターゲットに接触させ、エンドエフェクタがターゲットに接触した状態における位置を取り込んで、ターゲットの位置を検出することを特徴とする請求項１または２に記載のロボットのターゲット位置検出装置。
【請求項８】
アーム軸を駆動する駆動手段は、所定の精度で位置を検出することができるように構成されることを特徴とする請求項７に記載のロボットのターゲット位置検出装置。
【請求項９】

前記ロボットは、手首にフリップ軸を有し、
前記エンドエフェクタは、フリップ軸からこのフリップ軸に垂直な方向に離間して設けられる先端部を有し、
前記制御手段は、少なくともターゲットが存在する教示点近傍から、フリップ軸の制御ループゲインを所定値よりも低下させて、フリップ軸を揺動させて、エンドエフェクタの先端部をターゲットに接触させ、エンドエフェクタの先端部がターゲットに接触した状態における位置を取り込んで、Ｚ軸方向のターゲットの位置を検出することを特徴とする請求項１に記載のロボットのターゲット位置検出装置。
【請求項１０】
前記エンドエフェクタは、一対の前記先端部を有し、各先端部はフリップ軸を含む仮想平面に関して対称に設けられ、
前記ターゲットは、Ｚ軸方向に垂直な方向に延びる隙間が形成される隙間形成部であり、
前記制御手段は、エンドエフェクタの各先端部を前記隙間に介在させ、フリップ軸の揺動角が最大となるようにアームの先端部をＺ軸方向に移動させて、その点を前記隙間のＺ軸方向の中央として検出することを特徴とする請求項９に記載のロボットのターゲット位置検出装置。
【請求項１１】
少なくともＸ軸、Ｙ軸の２軸方向に自由度を有するアームの先端部に、水平方向の自由度を有する手首が設けられ、この手首にはエンドエフェクタが設けられるロボットと、教示点を記憶部に記憶させ、この記憶部に記憶させた教示点にエンドエフェクタが向かうように、ロボットの動作を制御する制御手段とを含み、
前記制御手段は、
制御ループゲインを変化させて、エンドエフェクタのターゲットへの押付け力を変更可能であって、
手首軸まわりのエンドエフェクタの角変位がターゲットによって阻止された状態で、手首軸の制御ループゲインを所定値よりも低下させて、まず、手首軸の指令値を、エンドエフェクタが手首軸の周方向一方に動くように変更して、その変更後の位置を取り込み、次に、手首軸の指令値を、エンドエフェクタが手首軸の周方向他方に動くように変更して、その変更後の位置を取り込み、
取り込んだ位置の差によって、ロボットの状態を判定することを特徴とするロボットの自己診断装置。
【請求項１２】
前記アームは、スカラ型水平多関節アームから成り、
前記制御手段は、診断すべきアーム軸まわりのエンドエフェクタの角変位がターゲットによって阻止された状態で、前記アーム軸の制御ループゲインを所定値よりも低下させて、まず、前記アーム軸の指令値を、エンドエフェクタが前記アーム軸の周方向一方に動くように変更して、その変更後の位置を取り込み、次に、前記アーム軸の指令値を、エンドエフェクタが前記アーム軸の周方向他方に動くように変更して、その変更後の位置を取り込み、
取り込んだ位置の差によって、ロボットの状態を判定することを特徴とする請求項１１に記載のロボットの自己診断装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、ロボットのターゲット位置検出装置に関し、詳しくは正確な位置をロボットに教示するために用いられるロボットのターゲット位置検出装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
半導体装置および液晶装置の分野では、装置の複雑化および搬送物の巨大化に起因して

、ロボットの教示が益々難しくなっている。正確な位置をロボットに教示することは、ロボットの信頼性にとって、極めて重要なことである。このような状況の中で、ロボットの教示に対するオペレータの技量不足に起因する教示ミスは、深刻な問題である。そこで、オペレータの技量に頼らずに、正確な位置をロボットに教示するための技術が求められている。

【０００３】

またロボットの周辺には、ステージおよびその他の機械部分などの周辺装置が設置される。ロボットの教示に際しては、ロボットおよび周辺装置が互いに位置調整されて正しく設置されているか否かを判定する必要があり、この判定を自動で行うための技術も求められている。

【０００４】

特許文献１には、３軸スカラ型ロボットでターゲットの位置を検出して教示点を求める技術が開示される。図１３は、従来のロボット１の正面図である。図１４は、従来のロボット１の平面図である。特許文献１に開示される技術では、ロボット１のエンドエフェクタ２を、カセット３などに追加したターゲットに向けて移動させて、ターゲットに接触させる。このとき、トルクおよび速度の変化を検出する。そしてエンドエフェクタ２がターゲットに接触する場合と、そうでない場合とで、トルクおよび速度の変化を比較して、エンドエフェクタ２とターゲットとの接触点を検出し、検出した接触点からターゲットの位置を求め、教示点を計算する。

【０００５】

【特許文献１】米国特許６２４２８７９号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

前記特許文献１に開示される技術では、エンドエフェクタ２をターゲットに接触させたときに、エンドエフェクタおよびターゲットが変形したり、パーティクルが発生したりするという不具合が生じることがある。このような不具合を防ぐためには、ロボット１を非常に低速で動作させる必要がある。この場合、ロボット１の駆動系の、変動要素および経時変化要素に支配されて、位置の検出精度が低くなってしまうという問題がある。変動要素は、トルク変動および摩擦などを含む。経時変化要素は、ヒステリシスなどを含む。

【０００７】

本発明の目的は、ターゲットの位置を高精度で検出することができるロボットのターゲット位置検出装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【０００８】

本発明は、少なくともＸ軸、Ｙ軸の２軸方向に自由度を有するアームの先端部に、水平方向の自由度を有する手首が設けられ、この手首にはエンドエフェクタが設けられるロボットと、教示点を記憶部に記憶させ、この記憶部に記憶させた教示点にエンドエフェクタが向かうように、ロボットの動作を制御する制御手段とを含み、

前記制御手段は、制御ループゲインを変化させて、エンドエフェクタのターゲットへの押付け力を変更可能であって、少なくともターゲットが存在する教示点近傍から、手首軸の制御ループゲインを所定値よりも低下させて、エンドエフェクタをターゲットに接触させ、エンドエフェクタがターゲットに接触した状態における位置を取り込んで、ターゲットの位置を検出することを特徴とするロボットのターゲット位置検出装置である。

【０００９】

また本発明は、手首軸を駆動する駆動手段は、所定の精度で位置を検出することができるように構成されることを特徴とする。

【００１０】

また本発明は、前記制御手段は、

エンドエフェクタの形状を記憶部に記憶させ、

この記憶部に記憶させたエンドエフェクタの形状と、取り込んだ位置とに基づいて、ＸＹ平面内のターゲットの位置を演算することを特徴とする。

【００１１】

また本発明は、前記エンドエフェクタは、ＸＹ平面上で略Ｖ字状の形状を成し、

前記制御手段は、ＸＹ平面内の複数の位置にアームの先端部を移動させ、前記複数の位置で、手首軸を揺動させてエンドエフェクタの内側の２点をターゲットに接触させ、エンドエフェクタがターゲットに接触した状態における位置を取り込むことを特徴とする。

【００１２】

また本発明は、前記エンドエフェクタは、その形状が手首軸の半径方向に対して変化し、

前記制御手段は、エンドエフェクタをターゲットに接触させた状態で、ＸＹ平面内でアームの先端部を移動させながら、エンドエフェクタがターゲットに接触した状態における位置を取り込むことを特徴とする。

【００１３】

また本発明は、前記ロボットのアームの先端部は、Ｘ軸、Ｙ軸、Ｚ軸の３軸方向に自由度を有し、

前記ターゲットは、Ｚ軸方向に対して形状が変化し、

前記制御手段は、

ターゲットの形状を記憶部に記憶させ、

この記憶部に記憶させたターゲットの形状と、取り込んだ位置とに基づいて、Ｚ軸方向のターゲットの位置を演算することを特徴とする。

【００１４】

また本発明は、前記アームは、スカラ型水平多関節アームから成り、

前記制御手段は、少なくともターゲットが存在する教示点近傍から、手首軸およびアーム軸の制御ループゲインを所定値よりも低下させて、エンドエフェクタをターゲットに接触させ、エンドエフェクタがターゲットに接触した状態における位置を取り込んで、ターゲットの位置を検出することを特徴とする。

【００１５】

また本発明は、アーム軸を駆動する駆動手段は、所定の精度で位置を検出することができるように構成されることを特徴とする。

【００１６】

また本発明は、前記ロボットは、手首にフリップ軸を有し、

前記エンドエフェクタは、フリップ軸からこのフリップ軸に垂直な方向に離間して設けられる先端部を有し、

前記制御手段は、少なくともターゲットが存在する教示点近傍から、フリップ軸の制御ループゲインを所定値よりも低下させて、フリップ軸を揺動させて、エンドエフェクタの先端部をターゲットに接触させ、エンドエフェクタの先端部がターゲットに接触した状態における位置を取り込んで、Ｚ軸方向のターゲットの位置を検出することを特徴とする。

【００１７】

また本発明は、前記エンドエフェクタは、一対の前記先端部を有し、各先端部はフリップ軸を含む仮想平面に関して対称に設けられ、

前記ターゲットは、Ｚ軸方向に垂直な方向に延びる隙間が形成される隙間形成部であり、

前記制御手段は、エンドエフェクタの各先端部を前記隙間に介在させ、フリップ軸の揺動角が最大となるようにアームの先端部をＺ軸方向に移動させて、その点を前記隙間のＺ軸方向の中央として検出することを特徴とする。

【００１８】

また本発明は、少なくともＸ軸、Ｙ軸の２軸方向に自由度を有するアームの先端部に、水平方向の自由度を有する手首が設けられ、この手首にはエンドエフェクタが設けられるロボットと、教示点を記憶部に記憶させ、この記憶部に記憶させた教示点にエンドエフェ

クタが向かうように、ロボットの動作を制御する制御手段とを含み、
前記制御手段は、
制御ループゲインを変化させて、エンドエフェクタのターゲットへの押付け力を変更可能であって、
手首軸まわりのエンドエフェクタの角変位がターゲットによって阻止された状態で、手首軸の制御ループゲインを所定値よりも低下させて、まず、手首軸の指令値を、エンドエフェクタが手首軸の周方向一方に動くように変更して、その変更後の位置を取り込み、次に、手首軸の指令値を、エンドエフェクタが手首軸の周方向他方に動くように変更して、その変更後の位置を取り込み、
取り込んだ位置の差によって、ロボットの状態を判定することを特徴とするロボットの自己診断装置である。

【００１９】
また本発明は、前記アームは、スカラ型水平多関節アームから成り、
前記制御手段は、診断すべきアーム軸まわりのエンドエフェクタの角変位がターゲットによって阻止された状態で、前記アーム軸の制御ループゲインを所定値よりも低下させて、まず、前記アーム軸の指令値を、エンドエフェクタが前記アーム軸の周方向一方に動くように変更して、その変更後の位置を取り込み、次に、前記アーム軸の指令値を、エンドエフェクタが前記アーム軸の周方向他方に動くように変更して、その変更後の位置を取り込み、
取り込んだ位置の差によって、ロボットの状態を判定することを特徴とする。

【発明の効果】

【００２０】
本発明によれば、制御手段は、少なくともターゲットが存在する教示点近傍から、手首軸の制御ループゲインを所定値よりも低下させて、エンドエフェクタをターゲットに接触させる。これによって小さい押付け力で、エンドエフェクタをターゲットに接触させることができる。したがってエンドエフェクタおよびターゲットの変形を防ぐことができ、またパーティクルの発生を防ぐことができる。

【００２１】
しかも制御手段は、エンドエフェクタがターゲットに接触した状態における位置を取り込むので、ロボットの駆動系が有する変動要素などの影響がない。したがって前記特許文献１に開示される技術に比べて、ターゲットの位置を高精度で検出することができる。

【００２２】
また本発明によれば、手首軸の駆動手段は、所定の精度で位置を検出することができるように構成される。このような駆動手段によって手首軸が駆動されるので、検出誤差を小さくして、ターゲットの位置を高精度で検出することができる。

【００２３】
また本発明によれば、記憶部には、エンドエフェクタの形状が予め記憶される。制御手段は、記憶部に記憶させたエンドエフェクタの形状と、取り込んだ位置とに基づいて、ＸＹ平面内のターゲットの位置を演算し、これによってＸＹ平面内のターゲットの位置を検出することができる。

【００２４】
また本発明によれば、エンドエフェクタは、ＸＹ平面上で略Ｖ字状の形状を成す。制御手段は、ＸＹ平面内の複数の位置にアームの先端部を移動させ、前記複数の位置で、手首軸を揺動させてエンドエフェクタの内側の２点をターゲットに接触させ、エンドエフェクタがターゲットに接触した状態における位置を取り込む。このようにして取り込んだ位置に基づいて、ＸＹ平面内のターゲットの位置を検出することができる。

【００２５】
また本発明によれば、エンドエフェクタは、その形状が手首軸の半径方向に対して変化する。制御手段は、エンドエフェクタをターゲットに接触させた状態で、ＸＹ平面内でアームの先端部を移動させながら、エンドエフェクタがターゲットに接触した状態における

位置を取り込む。このようにして取り込んだ位置に基づいて、ＸＹ平面内のターゲットの位置を検出することができる。

【００２６】

また本発明によれば、ターゲットは、Ｚ軸方向に関して形状が変化する。記憶部には、ターゲットの形状が予め記憶される。制御手段は、記憶部に記憶させたターゲットの形状と、取り込んだ位置とに基づいて、Ｚ軸方向のターゲットの位置を演算し、これによってＺ軸方向のターゲットの位置を検出することができる。

【００２７】

また本発明によれば、制御手段は、少なくともターゲットが存在する教示点近傍から、手首軸およびアーム軸の制御ループゲインを所定値よりも低下させて、エンドエフェクタをターゲットに接触させる。これによって小さい押付け力で、エンドエフェクタをターゲットに接触させることができる。したがってエンドエフェクタおよびターゲットの変形を防ぐことができ、またパーティクルの発生を防ぐことができる。

【００２８】

しかも制御手段は、エンドエフェクタがターゲットに接触した状態における位置を取り込むので、ロボットの駆動系が有する変動要素などの影響がない。したがって前記特許文献１に開示される技術に比べて、ターゲットの位置を検出することができる。

【００２９】

また本発明によれば、アーム軸の駆動手段は、所定の精度で位置を検出することができるように構成される。このような駆動手段によってアーム軸が駆動されるので、検出誤差を小さくして、ターゲットの位置を高精度で検出することができる。

【００３０】

また本発明によれば、制御手段は、少なくともターゲットが存在する教示点近傍から、フリップ軸の制御ループゲインを所定値よりも低下させて、フリップ軸を揺動させて、エンドエフェクタの先端部をターゲットに接触させる。これによって小さい押付け力で、エンドエフェクタの先端部をターゲットに接触させることができる。したがってエンドエフェクタおよびターゲットの変形を防ぐことができ、またパーティクルの発生を防ぐことができる。

【００３１】

しかも制御手段は、エンドエフェクタの先端部がターゲットに接触した状態における位置を取り込むので、ロボットの駆動系が有する変動要素などの影響がない。したがって前記特許文献１に開示される技術に比べて、Ｚ軸方向のターゲットの位置を高精度で検出することができる。

【００３２】

また本発明によれば、制御手段は、エンドエフェクタの各先端部を、隙間形成部の隙間に介在させ、フリップ軸の揺動角が最大となるようにアームの先端部をＺ軸方向に移動させて、その点を前記隙間のＺ軸方向の中央として検出する。したがって前記隙間のＺ軸方向の中央を、高精度で容易に検出することができる。

【００３３】

また本発明によれば、制御手段は、手首軸まわりのエンドエフェクタの角変位がターゲットによって阻止された状態で、手首軸の制御ループゲインを所定値よりも低下させる。この状態で、制御手段は、手首軸の指令値を変更するので、エンドエフェクタをターゲットに小さい押付け力で接触させることができる。したがってエンドエフェクタおよびターゲットの変形を防ぐことができ、またパーティクルの発生を防ぐことができる。

【００３４】

制御手段は、まず、手首軸の指令値を、エンドエフェクタが手首軸の周方向一方に動くように変更して、その変更後の位置を取り込み、次に、手首軸の指令値を、エンドエフェクタが手首軸の周方向他方に動くように変更して、その変更後の位置を取り込む。そして制御手段は、取り込んだ位置の差によって、ロボットの状態を判定する。したがってロボットの状態、特に手首軸の状態を容易に判定することができる。

【００３５】
また本発明によれば、制御手段は、診断すべきアーム軸まわりのエンドエフェクタの角変位がターゲットによって阻止された状態で、前記アーム軸の制御ループゲインを所定値よりも低下させる。この状態で、制御手段は、前記アーム軸の指令値を変更するので、エンドエフェクタをターゲットに小さい押付け力で接触させることができる。したがってエンドエフェクタおよびターゲットの変形を防ぐことができ、またパーティクルの発生を防ぐことができる。
【００３６】
制御手段は、まず、前記アーム軸の指令値を、エンドエフェクタが前記アーム軸の周方向一方に動くように変更して、その変更後の位置を取り込み、次に、前記アーム軸の指令値を、エンドエフェクタが前記アーム軸の周方向他方に動くように変更して、その変更後の位置を取り込む。そして制御手段は、取り込んだ位置の差によって、ロボットの状態を判定する。したがってロボットの状態、特に前記アーム軸の状態を容易に判定することができる。
【発明を実施するための最良の形態】
【００３７】
図１は、本発明の実施の第１形態であるロボットのターゲット位置検出装置２１の構成を示す斜視図である。ロボットのターゲット位置検出装置（以下、単に「位置検出装置」という）２１は、正確な位置を教示するために用いられる。位置検出装置２１は、ロボット２２と、このロボット２２の動作を制御する制御手段２３とを含む。
【００３８】
ロボット２２は、平板状のワークを搬送するワーク搬送装置として用いられる。ワークとしては、シリコンウェハなどの半導体ウェハ（以下、単に「ウェハ」という）２４が挙げられる。
【００３９】
ロボット２２は、カセット２５に対してウェハ２４を出し入れする。ロボット２２は、カセット２５内にあるウェハ２４を取り出して、このウェハ２４を、予め定める処理位置に搬送する。またロボット２２は、予め定める処理位置にあるウェハ２４を搬送して、このウェハ２４を、カセット２５内に差し入れる。ウェハ２４は、予め定める処理位置で、処理装置によって処理される。処理装置は、ウェハ２４に対してプロセス処理を行う。プロセス処理としては、エッチングなどが挙げられる。
【００４０】
制御手段２３は、教示点を記憶部２６に記憶させ、この記憶部２６に記憶させた教示点にエンドエフェクタであるハンド３３が向かうように、ロボット２２の動作を制御する。制御手段２３は、コンピュータによって実現される。制御手段２３は、予め定める搬送動作プログラムを記憶する記憶部２６と、記憶部２６に記憶される搬送動作プログラムを実行して、後述の各駆動手段５５～５８を制御する制御部２７とを含む。
【００４１】
図２は、ロボット２２の構成を簡略化して示す図である。図１をも参照して、ロボット２２は、Ｘ軸、Ｙ軸、Ｚ軸の３軸方向に自由度を有するアーム３２の先端部に、水平方向の自由度を有する手首が設けられ、この手首にはハンド３３が設けられる。ロボット２２は、基台３１と、アーム３２と、ハンド３３とを含む。
【００４２】
アーム３２は、スカラ型水平多関節アームから成る。アーム３２は、ベース部３５と、第１および第２アーム部３６，３７とを含む。ベース部３５は、基台３１に連結される。ベース部３５は、基台３１に対して、第１軸線Ｌ１まわりに角変位自在、かつ、第１軸線Ｌ１に沿ってスライド変位自在に設けられる。第１軸線Ｌ１は、本実施の形態では鉛直方向に延びる。第１および第２アーム部３６，３７は、長尺状に形成される。第１アーム部３６の長手方向一端部３６ａは、ベース部３５に固定される。第１アーム部３６の長手方向他端部３６ｂには、第２アーム部３７の長手方向一端部３７ａが連結される。第２アー

ム部３７は、第１アーム部３６に対して、第２軸線Ｌ２まわりに角変位自在に設けられる。第２軸線Ｌ２は、第１軸線Ｌ１と平行である。

【００４３】

ハンド３３は、ウェハ２４を下方から支持する。ハンド３３は、アーム３２に連結される連結部４１と、連結部４１に連なり、ウェハ２４を支持する支持部４２とを含む（図３参照）。連結部４１は、長尺状に形成される。連結部４１の長手方向一端部４１ａは、第２アーム部３７の長手方向他端部３７ｂに連結される。連結部４１は、第２アーム部３７に対して、第３軸線Ｌ３まわりに角変位自在に設けられる。第３軸線Ｌ３は、第１軸線Ｌ１と平行である。支持部４２は、略Ｖ字状に形成される。支持部４２は、基部４３と、この基部４３に連なる一対の延在部４４ａ，４４ｂとを含む。基部４３は、連結部４１の長手方向他端部４１ｂに固定される。各延在部４４ａ，４４ｂは、第３軸線Ｌ３の周方向Ｃに互いに離間して、第３軸線Ｌ３を含む仮想平面Ｐ１に関して対称に設けられる。

【００４４】

本実施の形態では、ロボット２２は、第１および第２アーム軸と、手首軸とを有する。第１アーム軸は、第１軸線Ｌ１まわりに角変位駆動される。第２アーム軸は、第２軸線Ｌ２まわりに角変位駆動される。手首軸は、第３軸線Ｌ３まわりに角変位駆動される。

【００４５】

図３は、ＸＹ平面内のターゲット位置検出に関する動作を説明するための図である。ターゲット４６は、予め定める位置に配置される。ターゲット４６は、カセット２５などに予め設けられる。ターゲット４６は、本実施の形態では、Ｚ軸方向に延び、円柱状に形成される。Ｚ軸方向は、鉛直方向である。

【００４６】

記憶部２６には、ターゲット４６が存在する教示点が予め記憶される。制御手段２３は、記憶部２６に記憶される前記教示点にハンド３３が向かうように、ロボット２２の動作を制御する。このようにして制御手段２３は、前記教示点近傍にハンド３３を移動させる。具体的には、制御手段２３は、図３に示すように、ハンド３３の各延在部４４ａ，４４ｂの間にターゲット４６が介在するように、ハンド３３を移動させる。

【００４７】

図４は、図３に続く動作を説明するための図である。図４（１）は、アーム３２の先端部を第１位置に維持した状態を示し、図４（２）は、アーム３２の先端部を第２位置に維持した状態を示す。制御手段２３は、制御ループゲインを変化させて、ハンド３３のターゲット４６への押付け力を変更可能である。制御ループゲインは、位置ループゲインと速度ループゲインとを含む。

【００４８】

制御手段２３は、少なくともターゲット４６が存在する教示点近傍から、手首軸の制御ループゲインを所定値よりも低下させて、ハンド３３をターゲット４６に接触させる。所定値は、ウェハ２４を搬送するときの制御ループゲインの値よりも小さい値に選ばれる。手首軸の制御ループゲインは、ターゲット４６が存在する教示点近傍までハンド３３を移動させた後で低下させてもよく、あるいは、最初から低下させておいてもよい。このように手首軸の制御ループゲインを低下させるので、小さい押付け力で、ハンド３３をターゲット４６に接触させることができる。したがってハンド３３およびターゲット４６の変形を防ぐことができ、またパーティクルの発生を防ぐことができる。

【００４９】

本実施の形態では、制御手段２３は、駆動電流の上限、すなわち駆動トルクの上限をも変化させて、ハンド３３のターゲット４６への押付け力を変更可能である。制御手段２３は、少なくともターゲット４６が存在する教示点近傍から、手首軸の駆動トルクの上限をも所定値よりも低下させて、ハンド３３をターゲット４６に接触させる。所定値は、ウェハ２４を搬送するときの駆動トルクの上限よりも小さい値に選ばれる。手首軸の駆動トルクの上限は、ターゲット４６が存在する教示点近傍までハンド３３を移動させた後で低下させてもよく、あるいは、最初から低下させておいてもよい。このように手首軸の駆動ト

ルクの上限をも低下させるので、確実に小さい押付け力で、ハンド３３をターゲット４６に接触させることができる。したがってハンド３３およびターゲット４６の変形を確実に防ぐことができ、またパーティクルの発生を確実に防ぐことができる。

【００５０】

しかも制御手段２３は、ハンド３３がターゲット４６に接触した状態における位置を取り込む。具体的には、ハンド３３がターゲット４６に接触した状態で、手首軸および各アーム軸の現在値を取り込む。このようにハンド３３がターゲット４６に接触した状態における位置を取り込むので、ロボット２２の駆動系が有する変動要素などの影響がない。したがって前記特許文献１に開示される技術に比べて、ターゲット４６の位置を高精度で検出することができる。

【００５１】

詳細に述べると、制御手段２３は、前記教示点近傍にハンド３３を移動させた後、図４（１）に示すように、アーム３２の先端部を第１位置に維持した状態で、手首軸を揺動させてハンド３３の内側の２点をターゲット４６に接触させ、ハンド３３がターゲット４６に接触した状態における位置を取り込む。アーム３２の先端部が第１位置にあるとき、ターゲット４６は、ハンド３３の各延在部４４ａ，４４ｂの間に介在する。ターゲット４６には、各延在部４４ａ，４４ｂを接触させる。

【００５２】

一方の延在部４４ａをターゲット４６に接触させて位置を取り込むにあたって、制御手段２３は、手首軸の指令値を、ハンド３３が手首軸の周方向一方Ｃ１に動くように変更する。このとき、一方の延在部４４ａの前方にはターゲット４６が存在するので、ハンド３３の移動は、図４（１）に仮想線４７で示すように、一方の延在部４４ａがターゲット４６に接触した時点から、ターゲット４６によって阻止される。制御手段２３は、手首軸の指令値と手首軸の現在値との差が一定値を超えたとき、手首軸および各アーム軸の現在値を、一方の延在部４４ａがターゲット４６に接触した状態における位置として取り込む。

【００５３】

他方の延在部４４ｂをターゲット４６に接触させて位置を取り込むにあたって、制御手段２３は、手首軸の指令値を、ハンド３３が手首軸の周方向他方Ｃ２に動くように変更する。このとき、他方の延在部４４ｂの前方にはターゲット４６が存在するので、ハンド３３の移動は、図４（２）に仮想線４８で示すように、他方の延在部４４ｂがターゲット４６に接触した時点から、ターゲット４６によって阻止される。制御手段２３は、手首軸の指令値と手首軸の現在値との差が一定値を超えたとき、手首軸および各アーム軸の現在値を、他方の延在部４４ｂがターゲット４６に接触した状態における位置として取り込む。

【００５４】

本実施の形態では、制御手段２３は、手首軸の指令値と手首軸の現在値との差が一定値を超えたとき、手首軸および各アーム軸の現在値を取り込むけれども、手首軸およびアーム軸の現在値を取り込むタイミングは、これに限定されるものではない。たとえば、手首軸の指令値が予め定める値に到達したとき、手首軸および各アーム軸の現在値を取り込んでもよい。この場合、前記予め定める値は、ハンド３３がターゲット４６に確実に接触するような値に設定される。

【００５５】

制御手段２３は、アーム３２の先端部を第１位置に維持した状態で、前述のように位置を取り込んだ後、アーム３２の先端部を第１位置から第２位置に移動させる。第２位置は、第１位置とは、同一のＸＹ平面内で異なる位置である。アーム３２の先端部が第２位置にあるときも、ターゲット４６は、ハンド３３の各延在部４４ａ，４４ｂの間に介在する。

【００５６】

この後、制御手段２３は、図４（２）に示すように、アーム３２の先端部を第２位置に維持した状態で、手首軸を揺動させてハンド３３の内側の２点をターゲット４６に接触させ、ハンド３３がターゲット４６に接触した状態における位置を取り込む。この取り込み

動作は、前述の取り込み動作に類似するので説明を省略する。

【００５７】

このように制御手段２３は、ＸＹ平面内の複数の位置にアーム３２の先端部を移動させ、前記複数の位置で、手首軸を揺動させてハンド３３の内側の２点をターゲット４６に接触させ、ハンド３３がターゲット４６に接触した状態における位置を取り込む。前記複数の位置は、本実施の形態では、第１および第２位置である。このようにして取り込んだ位置に基づいて、ＸＹ平面内のターゲット４６の位置を検出することができる。

【００５８】

図５は、ハンド３３の正面図である。記憶部２６には、ハンド３３の形状が予め記憶される。制御手段２３は、記憶部２６に記憶させたハンド３３の形状と、取り込んだ位置とに基づいて、ＸＹ平面内のターゲット４６の位置を演算し、これによってＸＹ平面内のターゲット４６の位置を検出することができる。

【００５９】

ハンド３３の各延在部４４ａ，４４ｂには、ターゲット４６に接触する接触部分４９ａ，４９ｂがそれぞれ形成される。各接触部分４９ａ，４９ｂは、ハンド３３の内側に形成される。ここで、手首軸に垂直な仮想平面を想定し、この仮想平面内で、手首軸を中心とする仮想円５０を想定する。この仮想円５０は、各接触部分４９ａ，４９ｂと交わる。一方の接触部分４９ａと仮想円５０とが交わる点を第１交点Ｐ１１といい、他方の接触部分４９ｂと仮想円５０とが交わる点を第２交点Ｐ１２という。そして前記仮想平面内で、第１交点Ｐ１１と手首軸とを結ぶ線分５１ａと、第２交点Ｐ１２と手首軸とを結ぶ線分５１ｂとを想定する。このとき、各線分５１ａ，５１ｂが成す角度θは、前記仮想円５０の半径が小さくなるにつれて、大きくまたは小さくなる。図５に示す例では、各線分５１ａ，５１ｂが成す角度θは、前記仮想円５０の半径が小さくなるにつれて、小さくなる。

【００６０】

このようなハンド３３の形状を踏まえて、一方の延在部４４ａがターゲット４６に接触した状態における手首軸の現在値θ１１と他方の延在部４４ｂがターゲット４６に接触した状態における手首軸の現在値θ１２との差（θ１２－θ１１）と、手首軸からターゲット４６までの距離Ｒと、の関係を表す情報が、ハンド３３の形状として、記憶部２６に予め記憶される。制御手段２３は、このような情報を用いることによって、取り込んだ位置から、手首軸からターゲット４６までの距離を演算して求めることができる。

【００６１】

さらに制御手段２３は、ＸＹ平面内の複数の位置にアーム３２の先端部を移動させ、前記複数の位置で、前述のようにして手首軸からターゲット４６までの距離を演算して求める。このようにして制御手段２３は、前記複数の位置で、手首軸からターゲット４６までの距離を得るので、ＸＹ平面内のターゲット４６の位置を特定することができる。

【００６２】

図６は、ロボット２２の電気的構成を示すブロック図である。ロボット２２は、第１および第２アーム駆動手段５５，５６と、ハンド駆動手段５７と、上下駆動手段５８とを含む。

【００６３】

第１アーム駆動手段５５は、ベース部３５を、基台３１に対して第１軸線Ｌ１まわりに角変位駆動し、これによってベース部３５に固定される第１アーム部３６を、基台３１に対して第１軸線Ｌ１まわりに角変位駆動する。第２アーム駆動手段５６は、第２アーム部３７を、第１アーム部３６に対して第２軸線Ｌ２まわりに角変位駆動する。ハンド駆動手段５７は、ハンド３３を、第２アーム部３７に対して第３軸線Ｌ３まわりに角変位駆動する。これらの各駆動手段５５～５７は、角変位量を調整可能な回転モータによって実現され、たとえばエンコーダを内蔵するサーボモータによって実現される。

【００６４】

上下駆動手段５８は、ベース部３５を、基台３１に対して第１軸線Ｌ１に沿ってスライド変位駆動する。上下駆動手段５８は、角変位量を調整可能な回転モータを用いたボール

ねじ機構によって実現される。上下駆動手段５８は、ねじ棒と、ねじ棒に螺合される螺合体と、ねじ棒を回転駆動する前記回転モータとを含む。螺合体には、ベース部３５が固定される。回転モータは、たとえばエンコーダを内蔵するサーボモータによって実現される。

【００６５】

制御手段２３は、前述の各駆動手段５５～５８を制御する。制御手段２３は、予め定める搬送元位置にあるウェハ２４を保持して、このウェハ２４を、予め定める搬送先位置に搬送するように、各駆動手段５５～５８を制御する。制御手段２３は、各駆動手段５５～５８のサーボモータに設けられるエンコーダから各サーボモータの角度位置を取得することによって、各駆動手段５５～５８をフィードバック制御することができ、目的位置に精度よく位置合わせすることができる。

【００６６】

図２を再び参照して、動力伝達機構を説明する。第１アーム駆動手段５５は、基台３１の内部空間に設けられ、第２アーム駆動手段５６は、第１アーム部３６の内部空間に設けられ、ハンド駆動手段５７は、第２アーム部３７の内部空間に設けられる。

【００６７】

第１および第２アーム駆動手段５５，５６は、アーム軸を駆動する駆動手段である。第１および第２アーム駆動手段５５，５６は、所定の精度で位置を検出することができるように構成される。所定の精度は、ウェハ２４を搬送するときに必要とされる精度に選ばれる。このような各アーム駆動手段５５，５６によって各アーム軸が駆動されるので、検出誤差を小さくして、ターゲット４６の位置を高精度で検出することができる。またアーム軸ごとに駆動手段が設けられるので、これによっても検出誤差を小さくして、ターゲット４６の位置を高精度で検出することができる。

【００６８】

第１アーム駆動手段５５は、サーボモータ６１と動力伝達手段６２とを有する。動力伝達手段６２は、サーボモータ６１の動力を、ベース部３５に伝達する。動力伝達手段６２には、歯車動力伝達機構が用いられる。動力伝達手段６２は、減速機をさらに有する。サーボモータ６１は、減速機の入力部に動力を回転力として伝達する。減速機の入力部に伝達された動力は、そのトルクが予め定める増幅比で増幅されるとともに、その回転速度が予め定める減速比で減速されて、出力部から出力される。出力部から出力された動力は、歯車群を介して、ベース部３５に伝達される。これによってベース部３５は、第１軸線Ｌ１まわりに角変位し、ベース部３５に固定される第１アーム部３６もまた第１軸線Ｌ１まわりに角変位する。

【００６９】

第２アーム駆動手段５６は、サーボモータ６３と動力伝達手段６４とを有する。動力伝達手段６４は、サーボモータ６３の動力を、第２アーム部３７に伝達する。動力伝達手段６４には、歯車動力伝達機構が用いられる。動力伝達手段６４は、減速機をさらに有する。サーボモータ６３は、減速機の入力部に動力を回転力として伝達する。減速機の入力部に伝達された回転力は、そのトルクが予め定める増幅比で増幅されるとともに、その回転速度が予め定める減速比で減速されて、出力部から出力される。出力部から出力された動力は、歯車群を介して、第２アーム部３７に伝達される。これによって第２アーム部３７は、第２軸線Ｌ２まわりに角変位する。

【００７０】

本実施の形態では、各アーム軸には、歯車動力伝達機構が用いられるけれども、これらの各アーム軸には、ダイレクトドライブモータが用いられてもよい。この場合、検出誤差を可及的に小さくして、ターゲット４６の位置をさらに高精度で検出することができる。

【００７１】

ハンド駆動手段５７は、手首軸を駆動する駆動手段である。ハンド駆動手段５７は、所定の精度で位置を検出することができるように構成される。所定の精度は、ウェハ２４を搬送するときに必要とされる精度に選ばれる。このようなハンド駆動手段５７によって手

首軸が駆動されるので、検出誤差を小さくして、ターゲット４６の位置を高精度で検出することができる。たとえばアームのリンクまたはアーム内のタイミングベルトなどの伝達手段を経て位置が検出される場合、途中の駆動系のヒステリシスおよび他の軸の影響によって、検出誤差が大きくなる。このような検出誤差を小さくすることができる。

【００７２】

ハンド駆動手段５７は、サーボモータ６５と動力伝達手段６６とを有する。動力伝達手段６６は、サーボモータ６５の動力を、ハンド３３に伝達する。動力伝達手段６６には、歯車動力伝達機構が用いられる。動力伝達手段６６は、減速機をさらに有する。サーボモータ６５は、減速機の入力部に動力を回転力として伝達する。減速機の入力部に伝達された回転力は、そのトルクが予め定める増幅比で増幅されるとともに、その回転速度が予め定める減速比で減速されて、出力部から出力される。出力部から出力された動力は、歯車群を介して、ハンド３３に伝達される。これによってハンド３３は、第３軸線Ｌ３まわりに角変位する。

【００７３】

本実施の形態では、手首軸には、歯車動力伝達機構が用いられるけれども、この手首軸には、ダイレクトドライブモータが用いられてもよい。この場合、検出誤差を可及的に小さくして、ターゲット４６の位置をさらに高精度で検出することができる。

【００７４】

図７は、ターゲット４６の断面図である。この図６を参照して、Ｚ軸方向のターゲット位置検出に関する動作を説明する。ターゲット４６は、Ｚ軸方向に対して形状が変化する。ターゲット４６は、Ｚ軸方向に延び、円柱状に形成され、しかも上部が先細に形成される。換言すれば、ターゲット４６は、Ｚ軸方向に延びる円柱状の本体部分７１と、本体部分７１の上端部７１ａに連なり、上方になるにつれて先細に形成される円錐台状の先端部分７２とを含む。本体部分７１と先端部分７２とは同軸であり、本体部分７１の上面と先端部分７２の底面は一致する。本体部分７１は、据付誤差などの機械誤差の範囲７０よりも上方および下方に突出する。このようなターゲット４６をその軸線を含む仮想平面で切断して見たときに、本体部分７１の外周面と前記仮想平面との交線Ｌ１１と、先端部分７２の外周面と前記仮想平面との交線Ｌ１２を下方に延長した線Ｌ１３とが成す角度をαとする。

【００７５】

記憶部２６には、ターゲット４６の形状が予め記憶される。制御手段２３は、記憶部２６に記憶させたターゲット４６の形状と、取り込んだ位置とに基づいて、Ｚ軸方向のターゲット４６の位置を検出することができる。

【００７６】

Ｚ軸方向のターゲット４６の位置を検出するにあたって、制御手段２３は、まず、ターゲット４６が存在する教示点近傍にハンド３３を移動させる。制御手段２３は、次に、アーム３２の先端部を上昇させて、Ｚ軸方向に関する複数の位置で、手首軸の制御ループゲインを所定値よりも低下させるとともに手首軸の駆動トルクの上限を所定値よりも低下させて、手首軸を揺動させて、ハンド３３の内側の２点をターゲット４６に接触させ、ハンド３３がターゲット４６に接触した状態における位置を取り込む。このようにして取り込んだ位置に基づいて、Ｚ軸方向のターゲット４６の位置を検出することができる。

【００７７】

詳細に述べると、制御手段２３は、前記Ｚ軸方向に関する複数の位置について、取り込んだ位置からターゲット４６の直径を求める。ターゲット４６の直径は、ハンド３３がターゲット４６の本体部分７１に接触するときは、一定であり、ハンド３３がターゲット４６の先端部分７２に接触するときは、ハンド３３の本体部分７１に接触するときよりも小さくなる。

【００７８】

取り込んだ位置から求められるターゲット４６の直径が小さくなったとき、小さくなる前のターゲット４６の直径Ｄ１と、小さくなったときのターゲット４６の直径Ｄ２とを用

いて、ターゲット４６とハンド３３との接触位置の、ターゲット４６の本体部分７１の上端からの高さＡを求めることができる。この高さＡは、以下のような式によって得られる。

Ａ＝（Ｄ１－Ｄ２）／（２・ｔａｎα）

【００７９】

制御手段２３は、取り込んだ位置から求められるターゲット４６の半径が小さくなったとき、アーム３２の先端部のＺ軸方向に関する位置と、前述のようにして得られる高さＡとに基づいて、Ｚ軸方向のターゲット４６の位置を演算して求めることができる。記憶部２６には、このような演算のための式を表す情報が、ターゲット４６の形状として、記憶部２６に予め記憶される。このような情報を用いることによって、取り込んだ位置から、Ｚ軸方向のターゲット４６の位置を演算して求めることができる。

【００８０】

ロボット２２は、ウェハ２４を搬送するものである。このようなロボット２２のハンド３３は、ＳＥＭＩ（Semiconductor Equipment and Materials International）規格のカセット２５に対してウェハ２４を出し入れするために、２～４ｍｍの厚みが限界でそれ以上、厚く形成することはできない。またウェハ２４のサイズから、一般的にはハンド３３の長さは、２００～３００ｍｍ程度必要である。このようなハンド３３を、Ｚ軸方向に移動させて、たとえばターゲットとなるＺ軸方向に垂直な平面に接触させて、Ｚ軸方向の前記平面の位置を検出する場合、ハンド３３を変形させずに、位置を検出することは困難であり、したがって検出誤差が大きくなってしまう。本実施の形態では、ハンド３３とターゲット４６との接触方向がハンド３３の剛性が高い方向と一致するので、ハンド３３の変形による検出誤差の低下という問題を解決することができる。

【００８１】

図８は、ＸＹ平面内のターゲット位置検出に関する動作の他の例を説明するための図である。この例では、ターゲット７６は、ハンド３３の各延在部４４ａ，４４ｂ間に嵌まり込むように、形成される。ターゲット７６の形状は、ターゲット７６がハンド３３に嵌まり込んだとき、ターゲット７６と手首軸との間の距離が一義的に決まればよく、好ましくはターゲット７６がハンド３３に嵌まり込んだとき、ターゲット７６と手首軸との位置関係が一義的に決まればよい。本実施の形態では、ターゲット７６は、Ｚ軸方向に垂直な断面形状が三角形を成す。

【００８２】

制御手段２３は、少なくともターゲット７６が存在する教示点近傍から、手首軸および各アーム軸の制御ループゲインを所定値よりも低下させて、ハンド３３をターゲット７６に接触させる。このように手首軸および各アーム軸の制御ループゲインを低下させるので、小さい押付け力で、ハンド３３をターゲット７６に接触させることができる。したがってハンド３３およびターゲット７６の変形を防ぐことができ、またパーティクルの発生を防ぐことができる。

【００８３】

本実施の形態では、制御手段２３は、少なくともターゲット７６が存在する教示点近傍から、手首軸および各アーム軸の駆動トルクの上限をも所定値よりも低下させて、ハンド３３をターゲット７６に接触させる。具体的には、ターゲット７６からの反力が数十ｇｆ～１００ｇｆ程度で、ロボット２２がターゲット７６に倣うようにして、ターゲット７６にハンド３３を低速で接近させて接触させる。これによってロボット２２をターゲット７６に確実に倣わすことができる。

【００８４】

制御手段２３は、ハンド３３がターゲット７６に接触した状態における位置を取り込む。具体的には、ハンド３３がターゲット７６に接触した状態で、手首軸および各アーム軸の現在値を取り込む。詳しくは、手首軸および各アーム軸について、指令値と現在値との差が一定値をそれぞれ超えたとき、手首軸および各アーム軸の現在値を、ハンド３３がターゲット７６に接触した状態における位置として取り込む。このようにハンド３３がター

ゲット７６に接触した状態における位置を取り込むので、ロボット２２の駆動系が有する変動要素などの影響がない。したがって前記特許文献１に開示される技術に比べて、ターゲット７６の位置を検出することができる。

【００８５】

記憶部２６には、ターゲット７６がハンド３３に嵌まり込んだときの、ターゲット７６と手首軸との位置関係を表す情報が、ハンド３３の形状として予め記憶される。制御手段２３は、このような情報を用いることによって、取り込んだ位置から、ターゲット７６の位置を演算して求めることができる。

【００８６】

本実施の形態では、制御手段２３は、手首軸および各アーム軸について、指令値と現在値との差が一定値をそれぞれ超えたとき、手首軸および各アーム軸の現在値を取り込むけれども、手首軸および各アーム軸の現在値を取り込むタイミングは、これに限定されるものではない。たとえば、手首軸および各アーム軸の指令値が予め定める値にそれぞれ到達したとき、手首軸および各アーム軸の現在値を取り込んでもよい。この場合、前記予め定める値は、ハンド３３がターゲット７６に確実に接触するような値に設定される。

【００８７】

また本実施の形態では、各アーム軸の制御ループゲインを低下させるけれども、必ずしも全てのアーム軸について制御ループゲインを低下させる必要はない。たとえば、各アーム軸のうちの１つについてだけ制御ループゲインを低下させてもよい。

【００８８】

図９は、本発明の実施の第２形態であるロボットのターゲット位置検出装置８１の構成を示す平面図である。本実施の形態の位置検出装置８１は、前述の第１形態の位置検出装置２１に類似するので、異なる点についてだけ説明する。

【００８９】

ハンド８２は、その形状が手首軸の半径方向に対して変化する。ハンド８２は、手首軸の半径方向に沿って形成される。ハンド８２の支持部４２は、大略的に台形状であり、手首軸の半径方向外方になるにつれて幅が大きくなる。ハンド８２には、ターゲット４６に接触する接触部分８３が形成される。接触部分８３は、ハンド８２の一側部に形成される。接触部分８３は、手首軸の半径方向外方になるにつれて、手首軸を含む仮想平面に対する傾斜角が変化する。この接触部分８３は、手首軸の半径方向外方になるにつれて手首軸の周方向一方Ｃ１に傾斜する第１傾斜部８４と、第１傾斜部８４よりも手首軸の半径方向外方に位置して第１傾斜部８４に連なり、手首軸の半径方向外方になるにつれて手首軸の周方向他方Ｃ２に傾斜する第２傾斜部８５とを有する。本実施の形態では、第１傾斜部８４は、連結部４１に形成され、第２傾斜部８５は、支持部４２に形成される。

【００９０】

制御手段２３は、少なくともターゲット４６が存在する教示点近傍から、手首軸の制御ループゲインを所定値よりも低下させて、ハンド８２の接触部分８３をターゲット４６に接触させる。手首軸の制御ループゲインは、ターゲット４６が存在する教示点近傍までハンド８２を移動させた後で低下させてもよく、あるいは、最初から低下させておいてもよい。このように手首軸の制御ループゲインを低下させるので、小さい押付け力で、ハンド８２の接触部分８３をターゲット４６に接触させることができる。したがってハンド８２およびターゲット４６の変形を防ぐことができ、またパーティクルの発生を防ぐことができる。

【００９１】

制御手段２３は、まず、ハンド８２の接触部分８３、具体的には第２傾斜部８５をターゲット４６に接触させる。この後、ハンド８２の接触部分８３をターゲット４６に接触させた状態で、ＸＹ平面内でアーム３２の先端部を予め定める一直線Ｌ２１に沿って移動させる。前記予め定める一直線Ｌ２１は、Ｙ軸方向と平行である。

【００９２】

このとき、制御手段２３は、前述のようにアーム３２の先端部を移動させながら、ハン

ド８２がターゲット４６に接触した状態における位置を順次に取り込む。具体的には、制御手段２３は、ハンド８２の接触部分８３がターゲット４６に接触した状態で、手首軸および各アーム軸の現在値を取り込む。このようにハンド８２の接触部分８３がターゲット４６に接触した状態における位置を取り込むので、ロボット２２の駆動系が有する変動要素などの影響がない。したがって前記特許文献１に開示される技術に比べて、ターゲット４６の位置を高精度で検出することができる。

【００９３】

ハンド８２は、まず、仮想線８６で示すような位置に配置される。ハンド８２は、アーム３２の先端部がターゲット４６に向かって進むにつれて、手首軸の周方向他方Ｃ２に移動する。第１傾斜部８４と第２傾斜部８５とが連なる箇所にターゲット４６が到達すると、ハンド８２は、実線８７で示すような位置に配置される。この後、ハンド８２は、アーム３２の先端部がターゲット４６に向かって進むにつれて、手首軸の周方向一方Ｃ１に移動し、仮想線８８で示すような位置に配置される。

【００９４】

図１０は、制御手段２３によって取り込んだ位置を示すグラフである。横軸Ｙは、アーム３２の先端部の、Ｙ軸方向に関する現在値を表し、縦軸θＷは、手首軸の現在値を表す。Ｙの値は、アーム３２の先端部がターゲット４６に向かって進むほど、大きくなる。θＷの値は、ハンド８２が手首軸の周方向一方Ｃ１に向かって進むほど、大きくなる。

【００９５】

図１０に示すように、Ｙの値とθＷの値との関係を示す線は、下に凸の曲線である。θＷの値が最小となるときのＹの値Ｙ０は、第１傾斜部８４と第２傾斜部８５とが連なる箇所にターゲット４６が位置するときの値である。このＹの値Ｙ０に基づいて、ＸＹ平面内のターゲット４６の位置を検出することができる。

【００９６】

記憶部２６には、第１傾斜部８４と第２傾斜部８５とが連なる箇所にターゲット４６が位置するときの、ターゲット４６と手首軸との位置関係を表す情報が、ハンド８２の形状として予め記憶される。制御手段２３は、このような情報を用いることによって、θＷの値が最小となるＹの値Ｙ０から、ターゲット４６の位置を演算して求めることができる。

【００９７】

図１１は、本発明の実施の第３形態であるロボットのターゲット位置検出装置の一部を示す斜視図である。本実施の形態の位置検出装置は、第１形態の位置検出装置２１に類似するので、異なる点についてだけ説明する。

【００９８】

ロボット２２は、手首にフリップ軸を有する。ハンド３３は、フリップ軸からこのフリップ軸に垂直な方向に離間して設けられる一対の先端部９１ａ，９１ｂを有する。各先端部９１ａ，９１ｂは、フリップ軸を含む仮想平面に関して対称に設けられる。各先端部９１ａ，９１ｂは、ハンド３３の各延在部４４ａ，４４ｂの先端部に相当する。

【００９９】

ターゲット９０は、Ｚ軸方向に垂直な方向に延びる隙間９２が形成される隙間形成部である。このような隙間形成部は、たとえば搬送空間と処理空間とを仕切る壁９４に設けられる。搬送空間とは、ロボット２２によってウェハが搬送される空間である。処理空間とは、処理装置によってウェハが処理される空間である。

【０１００】

制御手段２３は、少なくともターゲット９０が存在する教示点近傍から、フリップ軸の制御ループゲインを所定値よりも低下させて、フリップ軸を揺動させて、ハンド３３の先端部９１ａ，９１ｂをターゲット９０に接触させる。これによって小さい押付け力で、ハンド３３の先端部９１ａ，９１ｂをターゲット９０に接触させることができる。したがってハンド３３およびターゲット９０の変形を防ぐことができ、またパーティクルの発生を防ぐことができる。

【０１０１】

しかも制御手段２３は、ハンド３３の先端部９１ａ，９１ｂがターゲット９０に接触した状態における位置を取り込んで、Ｚ軸方向のターゲット９０の位置を検出する。このようにハンド３３の先端部９１ａ，９１ｂがターゲット９０に接触した状態における位置を取り込むので、ロボット２２の駆動系が有する変動要素などの影響がない。したがって前記特許文献１に開示される技術に比べて、Ｚ軸方向のターゲット９０の位置を高精度で検出することができる。

【０１０２】

詳しく述べると、制御手段２３は、ハンド３３の各先端部９１ａ，９１ｂを前記隙間９２に介在させ、フリップ軸の揺動角が最大となるようにアーム３２の先端部９１ａ，９１ｂをＺ軸方向に移動させて、その点を前記隙間９２のＺ軸方向の中央として検出する。したがって前記隙間９２のＺ軸方向の中央を、高精度で容易に検出することができる。

【０１０３】

本実施の形態では、ターゲット９０は、Ｚ軸方向に垂直な方向に延びる隙間９２が形成される隙間形成部であるけれども、ターゲット９０は、必ずしも隙間９２を形成する必要はない。ターゲット９０は、たとえばＸＹ平面に平行な平面であってもよく、あるいは、前述の第１形態で用いられるような円柱状のものであってもよい。

【０１０４】

図１２は、本発明の実施の第４形態であるロボットの自己診断装置１０１が備える制御手段２３による自己診断動作を説明するためのフローチャートである。本実施の形態の自己診断装置は、前述の第１形態の位置検出装置２１に類似するので、異なる点についてだけ説明する。制御手段２３による自己診断動作は、自己診断動作の開始指令が与えられると、開始される。自己診断動作の開始指令は、たとえば操作者によって与えられる。

【０１０５】

自己診断動作を開始すると、ステップａ１で、各駆動手段５５～５８を制御して、ハンド３３をターゲット４６に倣わせる。このとき、手首軸の制御ループゲインおよび各アーム軸の制御ループゲインを所定値よりも低下させて、ハンド３３をターゲット４６に接触させるようにする。これによって小さい押付け力で、ハンド３３をターゲット４６に接触させることができる。したがってハンド３３およびターゲット４６の変形を防ぐことができ、またパーティクルの発生を防ぐことができる。

【０１０６】

次に、ステップａ２で、手首軸まわりのハンド３３の角変位がターゲット４６によって阻止された状態で、手首軸の制御ループゲインだけを所定値よりも低下させて、手首軸の指令値を、ハンド３３が手首軸の周方向一方Ｃ１に動くように変更して、ステップａ３で、その変更後の位置を取り込む。具体的には、手首軸の指令値と手首軸の現在値との差が一定値を超えたとき、前記手首軸の現在値を、前記変更後の位置として取り込む。

【０１０７】

次に、ステップａ４で、手首軸まわりのハンド３３の角変位がターゲット４６によって阻止された状態で、手首軸の制御ループゲインだけを所定値よりも低下させて、手首軸の指令値を、ハンド３３が手首軸の周方向他方Ｃ２に動くように変更して、ステップａ５で、その変更後の位置を取り込む。具体的には、手首軸の指令値と手首軸の現在値との差が一定値を超えたとき、前記手首軸の現在値を、前記変更後の位置として取り込む。

【０１０８】

次に、ステップａ６では、取り込んだ位置の差によって、ロボット２２の状態、特に手首軸の状態を判定する。取り込んだ位置の差とは、ステップａ３で取り込んだ位置とステップａ５で取り込んだ位置との差をいう。この取り込んだ位置の差は、手首軸のバックラッシ、ヒステリシスが大きいほど、大きくなる。したがって前記取り込んだ位置の差によって、手首軸の状態を容易に判定することができる。前記取り込んだ位置の差は、記憶部２６に記憶して蓄積するようにしてもよい。この後、自己診断動作を終了する。

【０１０９】

このようにして手首軸の状態を判定し、判定結果を用いて、前述の第１および第２形態

の位置検出装置２１，８１において、取り込んだ位置を補正してもよい。これによってロボットの状態に拘わらず、ターゲットの位置を高精度で検出することができる。

【０１１０】

本実施の形態では、ステップａ１，ａ２，ａ４では、手首軸の駆動トルクの上限をも所定値よりも低下させてもよい。これによってハンド３３およびターゲット４６の変形を確実に防ぐことができ、またパーティクルの発生を確実に防ぐことができる。また本実施の形態では、手首軸の状態を判定するけれども、同様にして、各アーム軸についても状態をそれぞれ判定することができる。

【０１１１】

前述の実施の各形態は、本発明の例示に過ぎず、本発明の範囲内において構成を変更することができる。たとえばワークは、ウェハ２４に限定されるものではなく、液晶表示パネルに用いられるガラス基板であってもよい。

【図面の簡単な説明】

【０１１２】

【図１】本発明の実施の第１形態であるロボットのターゲット位置検出装置２１の構成を示す斜視図である。

【図２】ロボット２２の構成を簡略化して示す図である。

【図３】ＸＹ平面内のターゲット位置検出に関する動作を説明するための図である。

【図４】図３に続く動作を説明するための図である。

【図５】ハンド３３の正面図である。

【図６】ロボット２２の電気的構成を示すブロック図である。

【図７】ターゲット４６の断面図である。

【図８】ＸＹ平面内のターゲット位置検出に関する動作の他の例を説明するための図である。

【図９】本発明の実施の第２形態であるロボットのターゲット位置検出装置８１の構成を示す平面図である。

【図１０】制御手段２３によって取り込んだ位置を示すグラフである。

【図１１】本発明の実施の第３形態であるロボットのターゲット位置検出装置の一部を示す斜視図である。

【図１２】本発明の実施の第４形態であるロボットの自己診断装置１０１が備える制御手段２３による自己診断動作を説明するためのフローチャートである。

【図１３】従来のロボット１の正面図である。

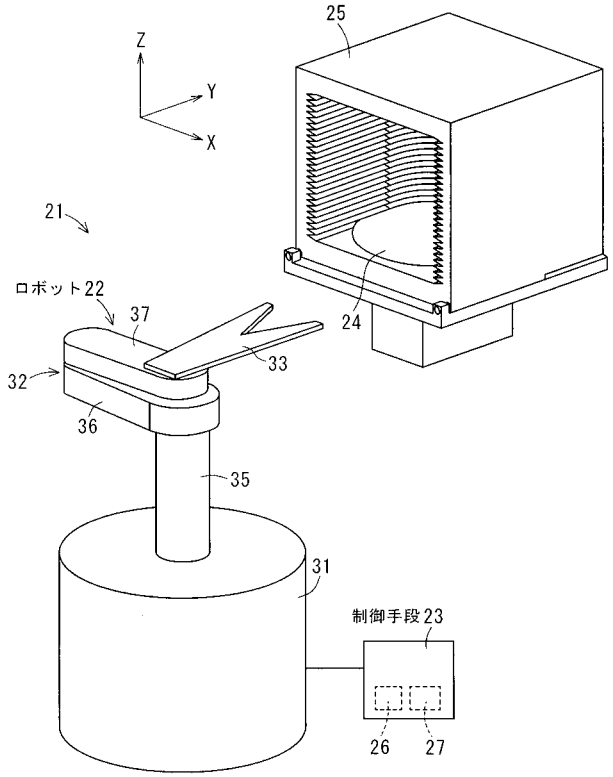
【図１４】従来のロボット１の平面図である。

【符号の説明】

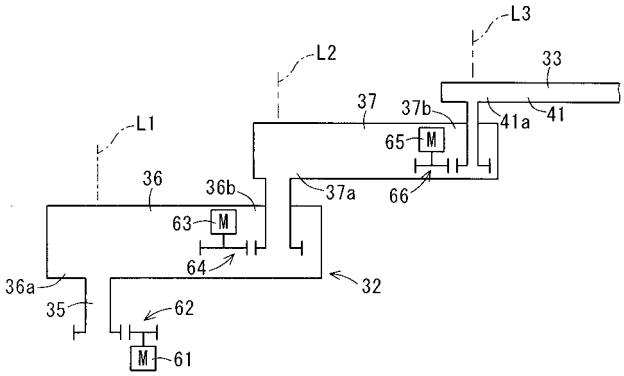
【０１１３】

２１，８１　ロボットのターゲット位置検出装置
２２　ロボット
２３　制御手段
３１　基台
３２　アーム
３３，８２　ハンド
４６，９０　ターゲット

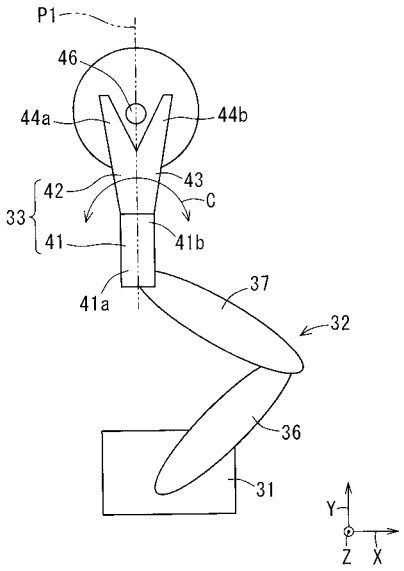
【図１】


25
Z
Y
X
21
ロボット22
37
32
33
24
36
35
31
制御手段23
26
27

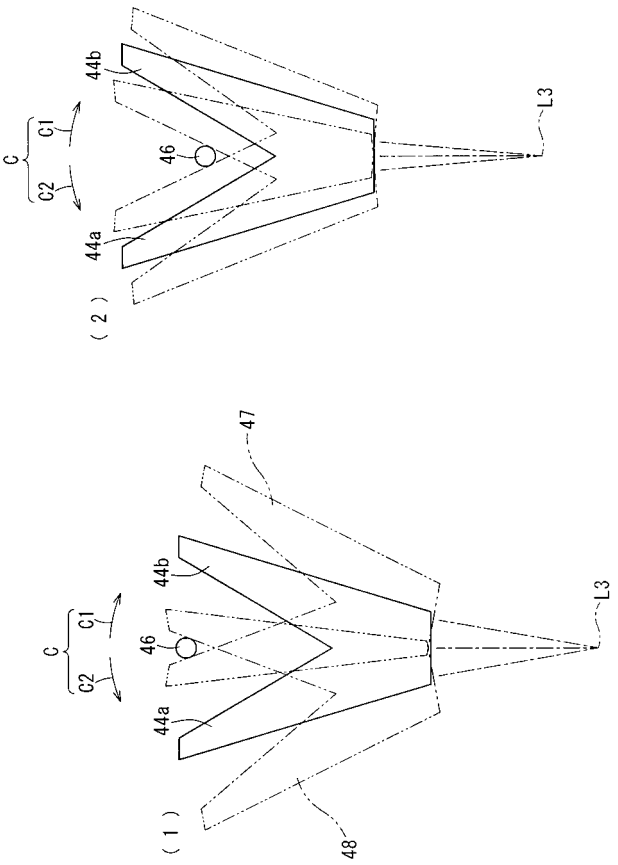
【図２】


L3
L2
33
37
37b
41a
41
L1
65
M
36
36b
37a
66
63
M
64
36a
35
62
32
M
61

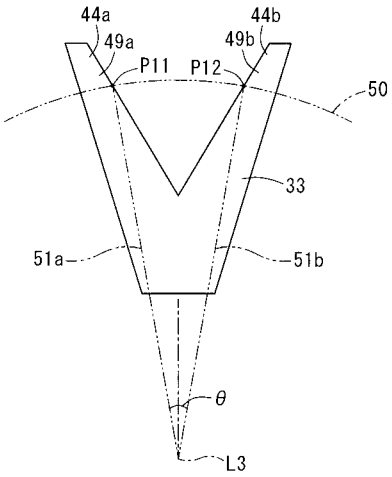
【図３】


P1
46
44a
44b
42
43
C
33
41
41b
41a
37
32
36
31
Y
Z
X

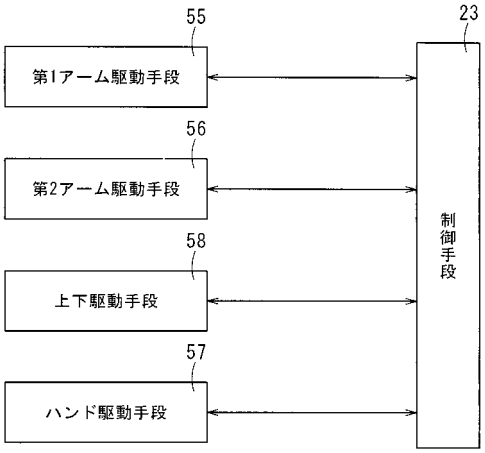
【図４】


44b
C1
C
C2
46
L3
44a
(2)
47
44b
C1
C
C2
46
L3
44a
(1)
48

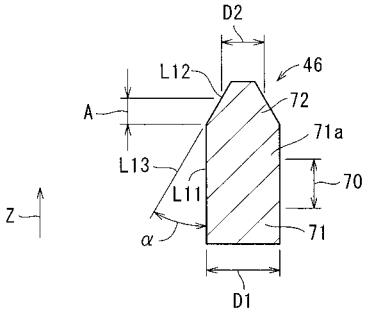
【図５】


44a
49a
P11
P12
49b
44b
50
33
51a
51b
θ
L3

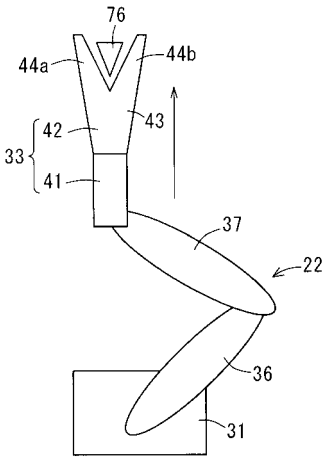
【図６】


55
第1アーム駆動手段
56
第2アーム駆動手段
58
上下駆動手段
57
ハンド駆動手段
23
制御手段

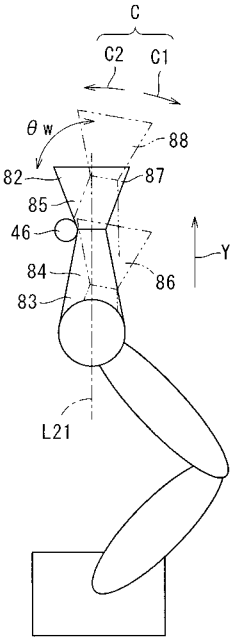
【図７】


D2
L12
46
A
72
71a
L13
L11
70
Z
α
71
D1

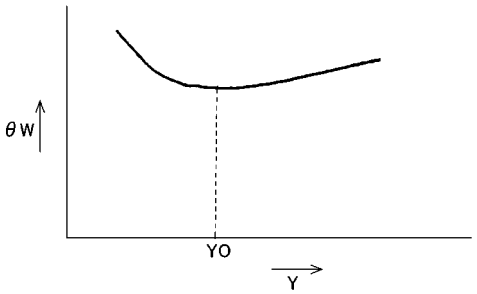
【図８】


76
44a
44b
43
33
42
41
37
22
36
31

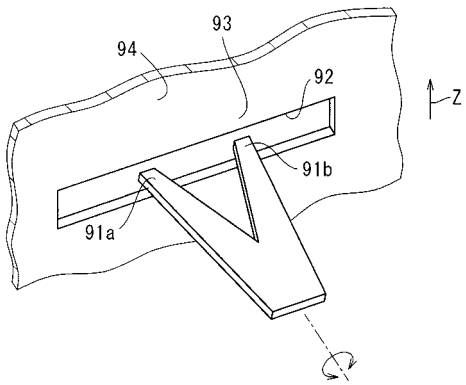
【図９】



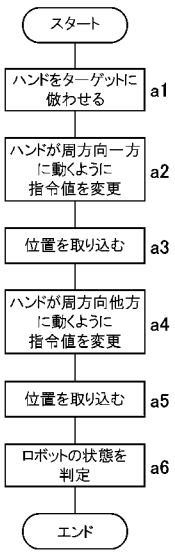
【図１０】



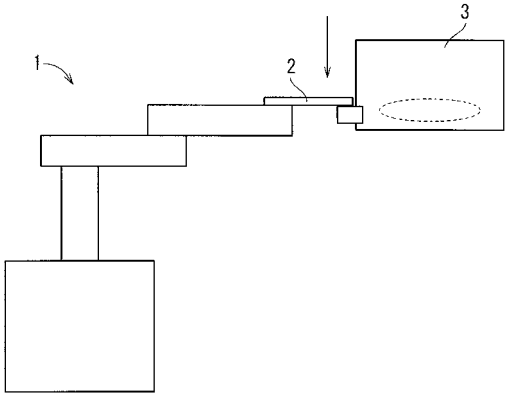
【図１１】



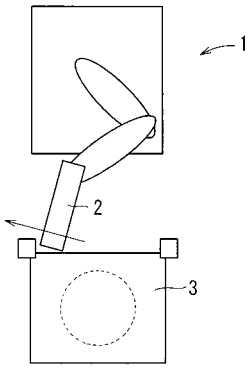
【図１２】



【図１３】



【図１４】



フロントページの続き

(72)発明者　山口　隆生
兵庫県明石市川崎町１番１号　川崎重工業株式会社明石工場内
(72)発明者　吉田　哲也
兵庫県明石市川崎町１番１号　川崎重工業株式会社明石工場内

Ｆターム(参考) 3C007 BS15 BT01 CT04 HT02 HT27 KS03 KS21 KX10 LT07 LV15
LV24
5F031 CA02 CA20 DA01 GA02 GA43 JA22 JA51 KA18 KA20 PA30